

湘南郴县地区下二叠统当冲组硅质岩 地球化学特征与成矿^①

陈孝红 毛晓冬

(宜昌地质矿产研究所, 宜昌 443003)

摘 要 系统地研究了湘南郴县许家洞和华塘铺下二叠统当冲组的地层层序、岩石组合和硅质岩地球化学特征, 指出郴县一带当冲组的硅质岩形成于被动大陆边缘, 其沉积相与沉积盆地沉陷→裂陷→充填的发展阶段对应, 经历了从深水陆棚相→台间盆地相→浅水陆棚相的演化过程。探讨了当冲组硅质岩的形成和中、新生代构造对硅质岩改造及其与成矿的关系, 首次提出该区当冲组底部角砾硅岩是燕山期构造活动导致栖霞灰岩与当冲组硅泥质岩之间的构造薄弱面发生空洞爆裂形成的隐爆角砾岩。由于当冲组中、下部地层中的成矿元素有向底部角砾硅岩方向聚集的特点, 因此该角砾硅岩不仅是铀的重要含矿岩石, 而且富含金、银、铜等金属元素。

关键词 早二叠世 硅质岩 隐爆角砾岩 成矿作用 湘南郴县

郴县地区当冲组硅质岩不仅赋存有我国著名的 320 铀矿床, 而且富含金、银、铜等金属元素, 因此, 有关当冲组硅质岩特别是角砾硅岩形成及其与成矿关系的研究倍受国内外地质学家, 特别是矿床学家的重视。但由于缺乏对当冲组硅质岩详细的层序地层学与地球化学的系统研究, 长期以来笼统地认为其是华南板块台间盆地的产物, 从而影响了硅质岩形成与成矿关系的认识。

1 地层层序与采样位置

郴县一带下二叠统当冲组以富含硅质为特征, 横向变化较大。在东部苏仙桥一带可分为底部层状硅质岩、下部硅质泥灰岩夹灰岩透镜体、中部硅质页岩和上部含锰硅质页岩四部分^②; 西部华塘铺一带仅由下部硅质泥灰岩夹灰岩(薄层或透镜体)和上部含锰硅质页岩组成; 中部许家洞一带中、上部分别为硅质页岩和含锰硅质页岩, 下部地层由角砾硅岩、结晶石英岩和“层状硅质岩”组成。区内当冲组地层层序划分和采样位置如图 1 所示。

2 硅质岩地球化学特征与沉积相

2.1 硅质岩的岩石化学特征与沉积背景分析

郴县地区下二叠统当冲组代表性岩石的化学成分分析结果表明, 各岩石类型均含有

^① 本文是国家计委国土科技找矿项目分课题 JG497902-2 的部分研究成果。

^② 地矿部地矿司南岭铀矿组, 南岭地区主要铀矿床类型及成矿地质条件, 放射性金属矿产, 1983, 第 4 号。

1997 年 8 月 10 日收稿

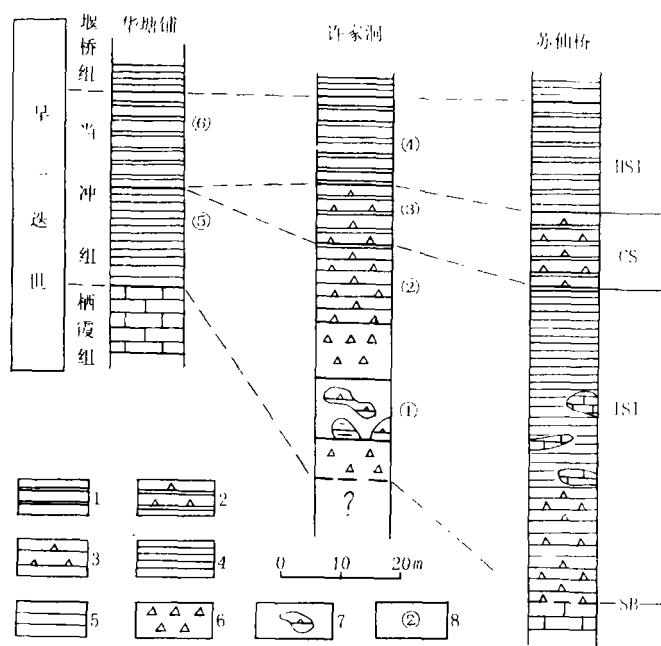


图1 当冲组地层层序划分与对比

Fig.1 Sequence stratigraphical subdivision and correlation of Dangchong Formation

1. 含锰硅质页岩 2. 硅质页岩 3. 层状硅质岩 4. 硅质泥灰岩 5. 灰岩
6. 结晶石英岩 7. 角砾硅岩 8. 采样位置与样品编号 SB-层序界面
TST-海侵体系域 CS-密集段 HST-高水位体系域

Al_2O_3 (2.44% ~ 2.95%) 和 $\text{CaO} + \text{MgO}$ (0.27% ~ 30.45%) (表1), 指示其原岩除富含硅质外, 还含有钙、泥质成分。

M. R. Bhatia^[1]发现, 随沉积盆地构造环境由大洋岛弧→大陆岛弧→活动陆缘→被动陆缘的变化, 盆地砂岩中的 $\text{TFeO} + \text{MgO}$ 和 TiO_2 含量及 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ 比值降低, 而 $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 和 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{CaO} + \text{Na}_2\text{O}$ 比值则升高。B. P. Roser & R. J. Korsch^[2]的研究亦证实了这一结论, 并进一步指出这一变化趋势不仅表现在粗粒碎屑物中, 而且也体现于细粒碎屑物(如泥岩)中, 只是在同一构造环境下, 随沉积物粒度变细, SiO_2 含量略有增高, 而 $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 比值稍有下降。鉴于区内当冲组上述岩石的

$\text{TFeO} + \text{MgO}$ 和 TiO_2 含量及 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ 比值分别变化于 0.6% ~ 6.3% 和 0.12% ~ 0.21% 及 0.03 ~ 0.06, 而 $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 和 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{CaO} + \text{Na}_2\text{O}$ 比值不仅较高, 而且变化幅度大, 分别为 22.3 ~ 84.8 和 15.4 ~ 41.9, 因此, 当冲组硅质岩的沉积背景应大致与被动大陆边缘相当。

表1 当冲组主要岩石类型及其化学成分(%)

Table 1 Main rock types and their chemical composition in Dangchong Formation.

岩性	SiO_2	Al_2O_3	TiO_2	TFeO	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	P_2O_5	样号
层状硅质岩	92.6	2.44	0.12	0.70	0.14	0.13	0.48	0.02	0.03	②
硅质页岩	87.5	4.44	0.20	0.21	0.11	0.39	1.78	0.02	0.03	③
硅质泥灰岩	36.8	2.95	0.13	1.07	22.6	8.86	0.55	0.02	0.54	⑤
含锰硅质页岩	84.9	5.28	0.21	3.75	0.10	2.56	0.58	0.03	0.06	⑥

2.2 硅质岩稀土元素地球化学特征的古海洋环境信息

近年来, 利用稀土元素地球化学特征进行沉积环境的研究, 越来越受到地质学家的重视, Elderfield & Mervyn^[3]通过对不同深度海水中稀土元素的北美页岩标准图式研究发现, 随海

水深度的增加, Ce 的负异常增大, 轻稀土亏损升高。Murray et al.^[4]的研究结果表明, 硅质、钙质生物及水化学沉积物 REE 都与海水相似, 成岩和重结晶作用只引起 REE 的丢失, 并不影响其分配模式, 并进而根据硅质岩和页岩中 Ce 的亏损程度划分出大陆边缘、洋盆和扩张洋中脊区三种不同的燧石组合。另外, 通过太古代含铁建造及现代海洋裂谷热卤水沉积物和大洋中脊热液喷口附近海水稀土元素的研究^[5], 发现 Eu 的正异常通常与热水活动有关。

郴县华塘铺和许家洞一带当冲组硅质岩的 ΣREE 较小, 变化于 $11.1 \sim 91.9 \times 10^{-6}$ 之间 (表 2), 在剖面上有自下而上逐渐增大的趋势。 δCe 总体上变化于 0.69~1.04 之间, 与 Mur-

表 2 当冲组稀土元素含量

Table 2 REE contents in the Dangchong Formation

样品号	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	ΣREE	δCe	δEu
①	2.69	3.6	0.57	1.51	0.55	0.085	0.54	0.10	0.68	0.12	0.29	0.04	0.24	0.04	11.1	0.7	0.57
②	11.6	15.2	1.92	7.84	1.54	0.34	1.60	0.28	1.75	0.36	1.02	0.15	0.88	0.13	44.6	0.77	0.92
③	14.3	18.8	3.12	10.9	2.55	0.59	3.34	0.57	4.13	0.76	2.2	0.29	1.79	0.27	63.6	0.69	0.85
④	20.9	36.6	4.72	15.0	3.32	0.56	2.94	0.50	2.88	0.60	1.74	0.27	1.61	0.24	91.9	0.90	0.77
⑤	15.6	21.4	2.84	11.6	2.35	0.49	2.11	0.36	2.1	0.38	1.03	0.15	0.92	0.14	61.7	0.78	0.94
⑥	18.8	35.1	3.62	13.8	2.79	0.49	2.65	0.45	2.4	0.46	1.35	0.20	1.27	0.19	83.6	1.04	0.77

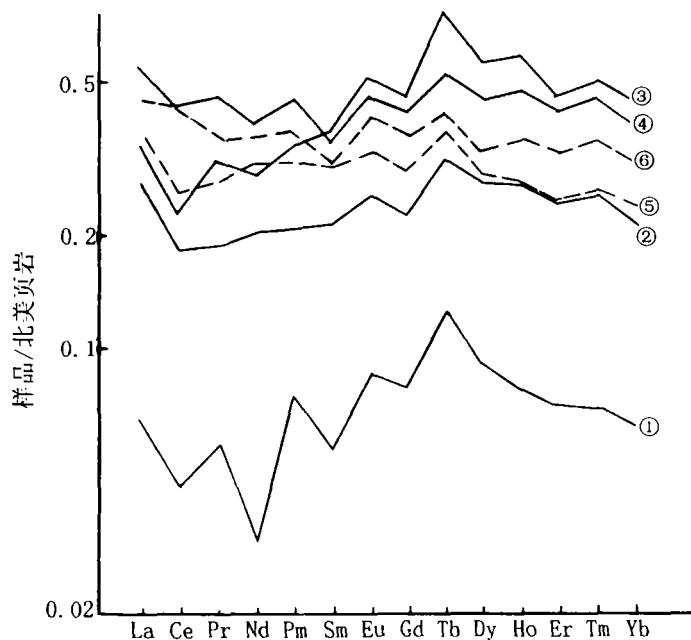


图 2 当冲组北美页岩标准化稀土元素分布模式

(①~⑥为样品编号, 采样位置见图 1)

Fig. 2 NASC-normalized REE patterns in Dangchong Formation
(The sampling sites see Fig. 1)

ray et al.^[4]所划陆缘燧石组合的 δCe 值接近, 但在郴县许家洞剖面上, 自下而上表现为由大到小, 再由小变大的特点, 暗示当时沉积环境水深可能发生过由浅至深再变浅的演化过程^[6], 与前面有关当冲组地层层序研究所获结论一致, 指示当冲组中部硅质页岩沉积环境的水体最深。所分析标本的 δEu 值均小于 1, 变化于 0.57~0.94 之间, 暗示其形成过程中海底热水作用不发育。硅质岩稀土元素的北美页岩标准化图式存在三种不同形态类型 (图 2): 一种 (①号样) 见于许家洞当冲组下部角砾硅岩中, 其轻稀土和中组稀土分布曲线呈明显的锯齿状, 且中组稀土略有富集的

特点;第二种(③号样)见于许家洞当冲组中部硅质页岩中,表现为轻稀土亏损和重稀土富集,略具深海海水稀土元素分布的特点^[3];第三种稀土元素配分曲线呈不明显的锯齿状,主要见于区内当冲组下部硅质泥灰岩(②、⑤号样品)和上部含锰硅质页岩(④、⑥号样品)中,暗示上述样品具有相似的沉积环境和成岩物质来源。

2.3 硅质岩岩石组合与沉积相

从郴县地区当冲组岩性的共生关系来看,大致可分为硅质泥灰岩-灰岩、硅质页岩、含锰硅质页岩、角砾状硅岩和“层状硅岩”等五种岩石组合类型,由于角砾状硅岩的分布与断层改造密切相关,层状硅岩中见有硅化的蠕类、有孔虫、介形虫和腹足类等钙质化石,且其稀土元素地球化学特征与硅质泥灰岩-灰岩接近,故这两种岩石组合类型并非原始沉积产物,可能是成岩后期交代改造所致。本文暂从其分布层位与硅质泥灰岩-灰岩组合的分布层位相当考虑,将其原岩与硅质泥灰岩-灰岩进行对比。

(1)硅质泥灰岩-灰岩组合:由薄层状、板状灰-深灰色硅质泥灰岩夹透镜状、偶为薄层状灰色灰岩组成,沉积颗粒较细,水平层理发育。自下而上,灰岩所占比例逐渐减少,直至消失。其中硅质泥灰岩富含有机质和锰质,其总有机碳和氧化锰含量分别为1.03%和0.15%,钙镁质和铁质含量相对较高,MgO+CaO和TFeO含量分别为31.5%和1.1%,而SiO₂和Al₂O₃含量较低,分别为36.82%和2.95%。另外,在许家洞剖面与此相当层位的“层状硅质岩”中见有台地相生物化石,如蠕类、有孔虫、介形虫和腹足类等。该岩石组合在沉积建造类型上应属远单陆屑碳酸盐岩建造,其沉积相大致与深水陆棚相相当。

(2)硅质页岩组合:由黑色-深灰色硅质页岩组成,水平层理发育,含远洋生活的菊石类化石,并富含有机质(总有机碳含量达1.6%)。从其SiO₂和Al₂O₃含量分别为85.7%和4.44%,CaO+MgO和TFeO含量分别为0.5%和0.2%来看,该硅质页岩富含硅、泥质,而贫钙、铁质。其北美页岩标准化稀土元素分布模式表现为轻稀土亏损和重稀土富集的左倾型,无Ce的明显亏损,亦无Eu的正异常,虽沉积环境的水体较深,但沉积盆地中并不存在明显的热水活动,硅泥质的来源应与陆源泥质沉积有关。因此,该硅质页岩组合在沉积建造类型上应属远单陆屑硅泥质沉积建造,沉积相类型大致与台间盆地或陆棚洼地相相当。

(3)含锰硅质页岩组合:由黑色中薄层状硅质页岩组成,具水平层理,化石相对较少。该岩石类型与上一组合中的硅质页岩相比,除具有相对较高的MnO₂(0.12%)含量外,Al₂O₃(5.3%)、TFeO(3.8%)及MgO(2.6%)含量均明显升高,但其总有机碳含量则明显降低,仅为0.12%。因此,联系含锰硅质页岩的稀土元素地球化特征分析,该岩石组合的沉积建造类型与硅质页岩组合接近,为远单陆屑硅泥质建造,但沉积环境的水体较浅,沉积相类型大致与浅水陆棚相相当。

3 硅质岩形成与成矿关系

3.1 硅质岩含矿性

郴县华塘铺和许家洞剖面当冲组代表性岩石样中金、银、铜、铀和氧化锰分析结果表明(表3),华塘铺当冲组硅质泥灰岩和含锰硅质页岩除具有异常高的氧化锰含量外,其它元素的含量均相对较低。许家洞剖面当冲组中下部地层中的成矿元素有向底部角砾硅岩迁移富集的现象,以致该角砾硅岩不仅成为320铀矿的主要含矿岩石(铀含量测试结果较低,可能与地表

表样品铀的流失有关),而且有金、银和铜异常。许家洞剖面当冲组中—上部硅质页岩—含锰硅质页岩中的铀含量较高,达 $35.8 \sim 124 \times 10^{-6}$,这可能是上述页岩中有机碳含量较高,对铀具有强烈的吸附作用,导致铀的局部富集^[7]。

表 3 当冲组岩石样品分析结果

Table 3 Characters of ore-bearing of the Dangchong Formation

样号	岩 性	Au(10^{-9})	Ag(10^{-6})	Cu(10^{-6})	U(10^{-6})	MnO(%)	C _{OR} (%)
①	角砾状硅岩	115	0.7	47.0	12.0		0.14
②	硅质岩	4.8	0.24	40.0	28.8	0.0077	1.12
③	硅质页岩	2.9	0.19	5	124.0	0.0014	1.58
④	含锰硅质页岩	6.8	0.20	23	35.8		1.79
⑤	硅质泥灰岩	0.0	0.12	29	4.6	0.15	1.03
⑥	含锰硅质页岩	1.5	0.05	12	2.0	0.12	0.12

3.2 茅口期沉积盆地演化与原始矿源层形成

上述研究表明,以当冲组底部硅质泥灰岩与栖霞组顶部灰岩之间形成的层序转换面以及当冲组下部深水陆棚相硅质泥灰岩的出现,标志茅口期初期曾发生海平面的迅速上升。而当冲组中部台间盆地相硅质页岩的出现,则显示区内沉积盆地因受华南板块同期构造拉张产生裂隙,使海平面的上升达到高峰。之后,当冲组上部浅水陆棚相含锰硅质页岩以及上覆地层堰桥组三角洲平原亚相砂岩、粉砂岩和钙质泥岩的出现,暗示沉积盆地碎屑充填速度逐渐超过海平面上升速度,从而沉积盆地由非补偿性盆地逐渐转化为补偿性盆地。鉴于郴县地区早二叠世沉积盆地的上述演化特征和岩相古地理分布规律——该区西南与湘桂陆缘海相通,东北部通过赣西一带的三角洲砂岩或滨海平原含煤沉积与武夷古陆相联^[8],说明早二叠世湘桂陆缘海中因盆地拉伸裂隙引起火山活动^[8]所产生的成矿物质可随海侵运抵本区。同时武夷古陆一带基底地层中的成矿物质则伴随古陆的风化剥蚀及其产物对沉积盆地的充填而向本区集中。另外,郴县地区同期沉积盆地中具有丰富的泥质、粘土质和生物或有机质,它们对金、银和铀等成矿元素具有重要的吸附和浓集作用,十分有利于多金属元素的富集。因此,当冲组的沉积过程实际上可能就是区内碳硅泥岩型多金属矿源层的形成过程。

3.3 角砾状硅岩的形成和成矿元素的富集

郴县地区早二叠世当冲组底部呈镶嵌状分布的角砾硅岩与石英岩,下与栖霞灰岩顶部形成层序转换面,上为含硅化有孔虫、蠕、介形虫和腹足类的“层状硅质岩”所覆,或呈脉状穿插于“层状硅质岩”之中并与硅质页岩之间存在有一定的过渡现象。在区域分布上受区内北北东向断层的控制,主要出现在白垩纪红盆周缘。有关角砾状硅岩的岩石学研究表明,角砾成分以硅质岩、硅质页岩和石英岩为主。角砾大小混杂,以棱角状为主,但其边缘存在熔蚀现象而呈浑圆状、港湾状或似角砾状;胶结物以硅质为主,见少量泥质和有机碎屑。角砾状硅岩的稀土元素分布模式与硅质泥灰岩、含锰硅质岩相似(图 2),但稀土总量明显偏小。综上所述,当冲组下部的角砾状硅岩一方面由于受区内北北东向断裂控制,且角砾的大小混杂而具有构造角砾岩的某些特征,另一方面由于角砾边缘存在熔蚀现象,且其上覆“层状硅质岩”中的钙质化石

被普遍硅化,有热液流体作用的明显痕迹。因此本文认为郴县地区早二叠世角砾状硅岩的形成除与地层的硅化有关外,还与区内燕山期的构造拉张环境密切相关。由于燕山运动导致区内大规模内陆断陷红盆形成、湘南及其邻区火山喷发和中酸性岩浆侵入事件发生,同时,引起栖霞组与当冲组之间的岩性结构转换面在局部地区张开,形成空隙,并引发当冲组下部地层爆破,结果形成条件独特的隐爆角砾岩和硅化产物。

前已述及,当冲组中下部地层中的成矿元素有向底部迁移的现象,而区域性断裂及层序转换面为含矿流体的运移提供了重要通道,隐爆角砾岩的存在又为成矿物质的富集提供了大量的容矿空间,因此当冲组底部角砾硅岩的形成过程,实际上就是成矿物质重新运移、分异和富集成矿的过程。

参 考 文 献

- [1] Bhatia M R. Rare earth element geochemistry of Australian Paleozoic graywackes and mudrocks: Provenance and tectonic control. *Sedimentary Geol.*, 1985, 45: 97—113
- [2] Roser B P and Korsch R J. Determination of tectonic setting of sandstone mudstone suites using SiO_2 content and $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ ratio. *J. Geol.*, 1986, 94: 635—650
- [3] Elderfield R and Greaves M J. The Rare earth elements in seawater. *Nature*, 1982, 296: 214—219
- [4] Murray R W, Brink M R B, Jones D L, Gerlach D C, Russ G P. Rare earth element as indicators of different marine depositional environment in chert and shale. *Geology*, 1990, 18: 268—271
- [5] Klinkhammer G, Elderfield H and Hudson A. Rare earth elements in seawater near hydrothermal Vents. *Nature*, 1983, 305: 185—188
- [6] 伊海生、彭军、夏文杰. 扬子东南大陆边缘晚前寒武纪古海洋环境演化的稀土元素记录. *沉积学报*, 1995, 13(4): 131—137
- [7] 胡凯、张祖还、章邦桐、贾荣方. 有机质在铲子坪铀矿床形成中的作用. *中国科学院有机地球化学开放实验室年报*, 科学出版社, 1992: 161—177
- [8] 赵时久、张开明、陈家怀、徐光洪、湛建国、王树才、覃洪. 中南地区二叠纪岩相古地理及沉积矿产远景预测. *岩相古地理文集*, 1991, (7): 51—98

GEOCHEMISTRY AND METALLIZATION OF SILICALITE IN THE LOWER PERMIAN DANGCHONG FORMATION, CHENXIAN COUNTY, SOUTHERN HUNAN

Chen Xiaohong Mao Xiaodong

(*Yichang Institute of Geology and Mineral Resources, Yichang 443003*)

Abstract

Systematic study on outcrop sequence stratigraphy, depositional assemblages and REE geochemistry of silicalite in the lower Permian Dangchong Formation located respectively in Xujia-dong and Huatangpu area, Chenxian county, southern Hunan province, indicates that the silicalite in the Dangchong formation was deposited in a passive continent margin, and its sedimentary facies corresponds to the basinal evolution process from down-warping to subsidence to infilling, belonging to deep-water shelf, inter-platform basin and shallow-water shelf deposition, respectively. The forming process and remoulding by post-Permian tectonic activities show that the brecciated chert and crystalline quartzite in the lower part of Dangchong Formation of the study area are cryptoexplosion breccia resulted from bursting along the weak structural level between the limestone of the Qixia Formation and siliceous argillite of the Dangchong Formation. The composition gradients of Au, Ag, Cu and U in the Dangchong Formation indicate an element migration trend from the middle-upper part to the base of the Formation. The brecciated chert, therefore, is not only the host rock of uranium, but also the enrichment horizon of gold, silver and copper.

Key words early Permian silicalite cryptoexplosion breccia metallization Chenzhou southern Hunan